

地块数据支持下的玉米种植面积遥感测量方法

马 丽^{1,2}, 顾晓鹤^{1*}, 徐新刚¹, 黄文江¹, 贾建华²

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 西安科技大学测绘学院, 西安 710054)

摘 要: 统计行政单元内粮食作物种植面积及其空间分布是粮食产量估算的基础, 也是制定粮食政策和调整种植结构的重要依据。以 3S 为代表的空间信息技术, 是实现农作物种植面积统计的关键技术, 也是实现常规统计进入空间统计的重要因素。该研究以玉米种植面积遥感测量为目标, 选取种植结构复杂的农业区河南省原阳县为试验区, 通过高分辨率融合影像建立地块边界数据, 以 TM 影像为核心数据源, 对 TM 数据进行预处理, 结合 NDVI 及特征波段信息采用决策树方法对试验区进行预分类, 初步获取玉米种植范围; 将玉米预分类结果与耕地地块数据空间叠加分析, 以地块内玉米的预分类面积比例为分层标志, 建立分层模型, 结合交通数据, 布设野外样方; 采用遥感影像与车载 GPS 结合的方式, 设计合理的野外调查路线, 开展野外样方实测工作, 获取样本地块内的玉米种植比例; 然后以野外 GPS 调查点为依据, 通过决策树方法对玉米预分类结果进行修正。最后通过野外测量获取的样本地块玉米百分比及统计数据对 TM 数据提取的玉米种植面积结果进行评价, 求得位置精度为 81.8%, 总量精度为 91.1%。说明借助耕地地块数据库, 能够提高多时相 TM 分类的位置精度和总量精度。

关键词: 遥感, 决策树, 分类, 玉米面积, TM, 归一化差值植被指数

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.027

中图分类号: S127, TP753

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0147-05

马 丽, 顾晓鹤, 徐新刚, 等. 地块数据支持下的玉米种植面积遥感测量方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 147—151.
Ma Li, Gu Xiaohu, Xu Xingang, et al. Remote sensing measurement of corn planting area based on field-data[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 147—151. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

作物的种植面积是进行农业结构调整的依据, 是研究粮食区域平衡的重要数据源。及时、准确的获取区域作物种植面积信息及其空间分布状况, 对于准确估计和预测作物产量^[1-3], 加强作物生产管理, 优化作物种植空间格局, 确保中国粮食安全具有重要意义^[4]; 是加快推进农业、农村经济战略性结构调整, 全面建设小康社会的重要基础。

目前, 中国法定部门主要通过两种方式获取农作物种植面积信息: 一是层层上报; 二是抽样调查^[5]。多年来, 这两种方法发挥了重要的作用, 加快了农业的发展, 但也存在着很大的局限性。层层上报受人为因素干扰严重, 且费时费力, 准确性差。近几年由于农村体制改革, 这种按行政办法统计的资料已难以获得, 目前仅在非农业经济统计中应用较为广泛^[6]。抽样调查方法虽然人为干扰小、准确性高, 但工作量大, 人力、物力、财力投入大, 且只适用于省级以上大范围农作物种植面积监测。此外,

这两种方法都无法提供农作物种植的空间分布状况, 因此已经不适应社会发展的要求。

卫星遥感能够快速、准确、客观地监测农业生产变化和 resource 利用状况, 获取粮食作物种植面积信息及其空间分布状况。近年来, 利用卫星遥感数据进行土地利用类型自动提取得到了广泛的研究。阈值法^[7]、几何特征法^[8]、差值法^[9]、比值法^[10]、多特征法^[11]、谱间关系法^[12]、基于知识的专家系统分类法^[13]、归一化建筑指数法^[14]、形状指数法^[15]、空间约束关系法^[16]等各种方法相继提出并得到了应用, 但其研究的土地利用类型主要集中在水体和居民地。从遥感影像中提取耕地信息的方法主要是人机交互的目视解译和计算机自动分类^[17-18]。地块边界具有长期稳定性, 耕地地块本底数据库一方面给农作物种植面积测量界定在一定范围内, 另一方面为对地抽样、野外调查、地块分类等提供基本单元。崔林丽等人采用面向地块的分析思想, 通过图像分割和分割对象的矢量化等一系列的预处理, 并在此基础上实现了目标形状信息的提取, 最后综合利用光谱特征和形状特征应用模糊分类器实现两种典型的人造目标的分类提取试验^[19]。曹凯等人利用 SPOT5 影像采用面向对象的方法成功提取了南京市部分主城区的水体信息^[20]。

本研究以玉米种植面积遥感测量为目标, 选取种植结构复杂的农业区河南省原阳县为试验区, 通过高分辨率融合影像建立地块边界数据, 以 TM 影像为核心数据源, 对 TM 数据进行预处理, 结合 NDVI (normalized difference vegetation index, 归一化差值植被指数) 及特征波段信息采用决策树方法对试验区进行预分类^[21], 初步

收稿日期: 2009-02-23 修订日期: 2009-05-25

基金项目: 国家863项目 (2006AA120101, 2006AA108A308); 农业部行业科技项目 (200803037)

作者简介: 马 丽 (1983—), 女, 河南禹州人, 研究方向为遥感与地理信息系统的应用。北京 国家农业信息化工程技术研究中心, 100097。

Email: mary831107@163.com

*通讯作者: 顾晓鹤 (1979—), 男, 主要从事生态与农业遥感应用研究。

北京 国家农业信息化工程技术研究中心, 100097。

Email: guxh@nercita.org.cn

获取玉米种植范围；将玉米预分类结果与耕地地块数据空间叠加分析，以地块内玉米的预分类面积比例为分层标志，建立分层模型，结合交通数据，布设野外样方；采用遥感影像与车载 GPS 结合的方式，设计合理的野外调查路线，开展野外样方实测工作，获取样本地块内的玉米种植比例；然后以野外 GPS 调查点为依据，通过决策树方法对玉米预分类结果进行修正，并将玉米分类结果与耕地地块数据空间叠加，得到地块内玉米分类面积百分比。最后通过野外测量获取的样本地块玉米百分比及历史统计数据对 TM 数据提取的玉米种植面积结果进行位置精度和总量精度评价。

1 研究区和数据准备

1.1 研究区概况

表 1 河南省主要农作物物候历

Table 1 Main crop calendar in Henan Province

月	3	4	5	6	7	8	9	10
旬	3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
水稻			播种	移栽	分蘖	抽穗		成熟
冬小麦	拔节	抽穗	乳熟	收获				播种 出苗
夏玉米				出苗 三叶	拔节 抽穗		成熟	
棉花			三叶	五叶 现蕾	开花	花铃	裂铃	停长

1.2 数据选择及预处理

1.2.1 多时相 TM 现势影像

由于玉米种植结构远比冬小麦复杂，生长周期短，且多云多雨，物候相近的混淆作物较多，遥感影像的获取能力与空间分辨率的矛盾直接制约着玉米种植面积的测量精度。在 2008 年玉米生长期我们只获取了覆盖原阳县试验区的两期 TM 影像，时间分别为 2008 年 7 月 24 日和 2008 年 8 月 25 日，影像的空间分辨率为 30 m，具有 7 个波段的信息，图像质量良好，影像清楚，调查区域基本无云遮盖。对 TM 影像分别进行了严格地辐射校正、几何精校正和配准，保证误差在 0.5 个象元之内，同时利用 1:10 万河南省行政边界矢量数据提取出研究区原阳县的数据，最终将这些数据都转换为统一的 UTM 横轴等角割圆柱投影类型。

1.2.2 耕地地块数据

本研究以 ALOS 和 SPOT5 多光谱和全色影像为数据源，在耕地地块数据库建设的标准规范指导下，首先进行几何配准、裁剪拼接、投影转换、数据融合等预处理；然后采用人工数字化的方式提取耕地地块边界，保证地块边界与实际线状地物相匹配；再建立解译标志，采用目视解译的方式对地块属性进行初步标定；最后对耕地地块边界进行质量控制，确保耕地地块的科学性和真实性。最终建立了原阳县的耕地地块数据库。

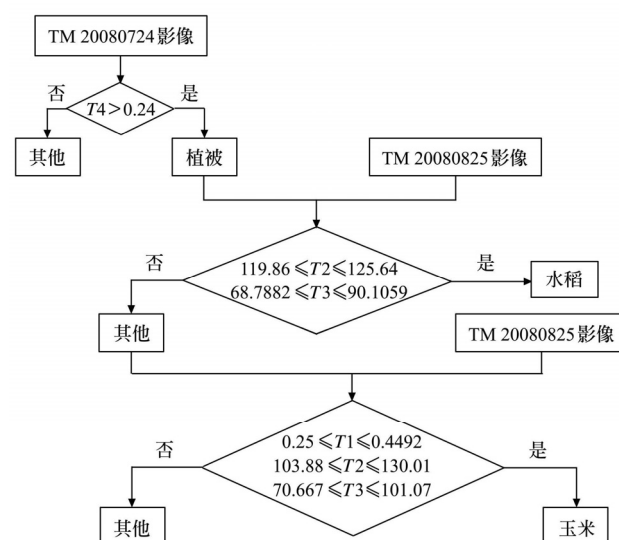
2 玉米决策树预分类

遥感预分类主要是用于初步提取玉米种植范围，为

研究区原阳县位于河南省北部，黄河北岸。地理位置：东经 113°36′~114°15′，北纬 34°55′~35°11′，总面积 1 339 km²。地势由西北向东北倾斜。黄河大堤以南为高滩多旱地，中部为低洼易涝地，文岩渠以北为岗地。黄河滩区面积占全省总面积的 31%，黄河湿地面积全省最大，水域广阔，无污染，树林覆盖率居全省平原地区首位。主要水系黄河境内长 60 km，天然渠境内长 60 km，年平均气温为 14.3℃，年平均降水量 556 mm，全年无霜期 227 d。

原阳县是传统农业大县，农业以小麦、水稻两大作物为主，玉米、花生、苹果、大杏具有传统优势，其中玉米多以夏玉米为主。作物物候历的种间差异是选择作物识别时相的常用依据，河南省主要农作物物候历见表 1。

对地抽样提供分层标志，确保野外实测样本的空间合理性。为了保障入样总体的完备性，要求在遥感预分类过程中尽量不遗漏玉米信息。首先计算 2008 年 7 月 24 日和 2008 年 8 月 25 日两景 TM 影像的 NDVI，然后对植被指数和光谱进行决策树分类，来区分花生、玉米、水稻等作物。河南省原阳县秋粮作物决策树预分类流程如图 1 所示，预分类结果如图 2 所示。



注：T1 指 TM 20080825 NDVI；T2 指 TM 20080825 影像的第 4 波段；T3 指 TM 20080825 影像的第 5 波段；T4 指 TM 20080724 NDVI

图 1 原阳县秋粮作物决策树预分类流程图

Fig.1 Flow chart of pre-classification of corn using decision tree in Yuanyang County

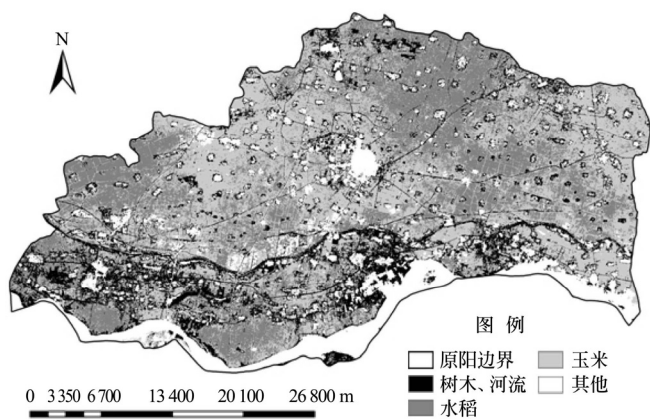


图 2 原阳县秋粮作物决策树预分类结果

Fig.2 Pre-classification result of planting area of autumn grain crop using decision tree in Yuanyang County

3 野外地块调查及 GPS 点定位

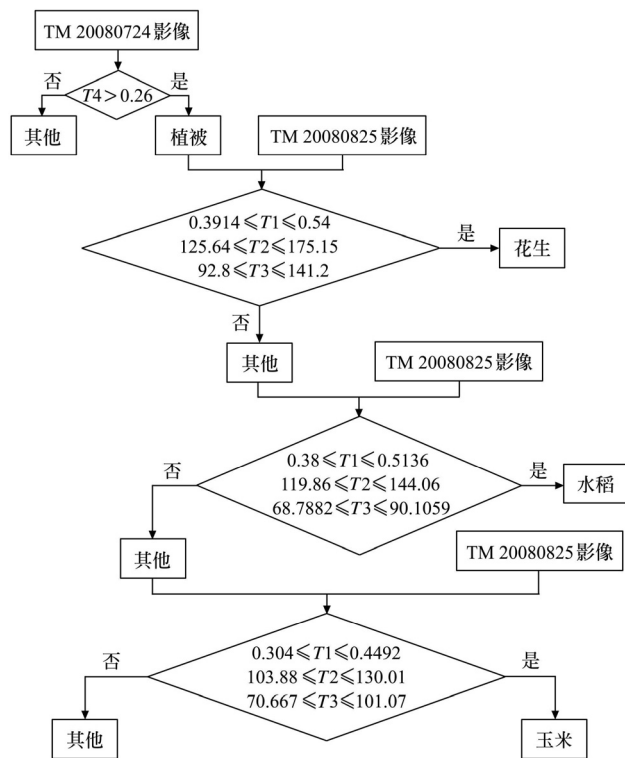
将玉米预分类结果与耕地地块数据空间叠加分析，以地块内玉米的预分类面积比例为分层标志。2008 年 9 月 2 日至 4 日，课题组相关人员赴河南省原阳县开展为期 3 d 的野外测量工作。采用对地抽样方式预先布设野外样本地块，设计合理的野外调查路线，共计调查原阳县 202 个 500 m×500 m 左右的样本大地块，通过 PDA、皮尺、样绳等工具丈量地块内玉米种植面积，获取地块的玉米种植百分比，地块内的作物类型主要有玉米、水稻、花生、大豆等。样本地块在实验区内均匀分布，有着较好的代表性，为实验区玉米面积测量提供有效的训练样本和检验样本。另外利用手持 GPS 对玉米、水稻、花生、大豆进行外业调查的现场定位，其中包括 16 个玉米点、13 个水稻点、14 个花生点、8 个大豆点。然后利用 GIS 软件将 GPS 定位点的样地经纬度数据转换成与图像投影一致的 shp 文件，以便在遥感图像上进行地面样点定位，获取地面样点位置处的遥感监测信息。

4 调整预分类结果

参考野外调查地块及 GPS 定位点，发现预分类时，由于先验知识不足，使得花生大部分被错分为水稻或者玉米，并且玉米与水稻也存在混分现象。以 GPS 现场定位点建立感兴趣区域并对训练样本进行统计分析发现：在 2008 年 8 月 25 日 TM 影像第 4、第 5 波段上，玉米的光谱特征值与花生、水稻的光谱值差异极为显著（在此没有给出该时期的波谱灰度值统计图，具体方法可参考文献[21]）。然后重新调整阈值范围，建立新的决策树，决策树分类流程如图 3 所示，分类结果如图 4 所示。

5 精度验证

玉米种植面积测量结果必须从位置精度和面积总量精度两个方面进行精度评价。本研究将野外调查目视解译的地块内玉米面积百分比作为评价指标，评价地块数据支持下的玉米种植面积测量准确性。



注：T1 指 TM 20080825 NDVI；T2 指 TM 20080825 影像的第 4 波段；T3 指 TM 20080825 影像的第 5 波段；T4 指 TM 20080724NDVI

图 3 原阳县秋粮作物决策树分类流程图

Fig.3 Flow chart of classification of corn using decision tree in Yuanyang County

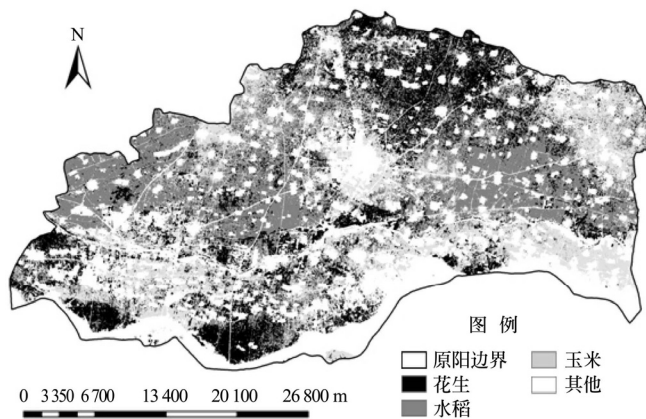


图 4 原阳县秋粮作物决策树分类结果

Fig.4 Classification result of planting area of autumn grain crop using decision tree in Yuanyang County

1) 位置精度

位置识别精度，是指试验区内所有地块或像元识别正确的百分比，这是遥感精度评价通常提供的指标，本研究对玉米种植面积测量的位置精度以地块为单元进行评价，其计算公式为

$$Kw = \frac{\sum_{j=1}^n (1 - |p_j - p_{j0}|) \times A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \times 100\%$$

式中：Kw——决策树分类玉米的位置精度，%； p_j ——

决策树分类的第 j 个地块内的玉米百分比, %; p_{j0} ——目视解译地块数据库中第 j 个地块内的玉米百分比, %, 作为准真值; A_j ——第 j 个地块的面积, m^2 , 每个地块都有固定的面积值; n ——实验区抽样地块个数。抽样地块共有 206 个, 最后求得位置精度为 81.8%。

2) 总量精度

总量精度是指一定范围的行政或自然单元内玉米种植面积的总量精度, 该研究以历年统计的玉米种植面积总量为标准值, 以地块为基本单元, 对地块数据支持下的玉米种植面积进行总量精度验证。总量精度的计算公式为

$$Kz = (1 - \frac{|\text{测量值} - \text{历史统计值}|}{\text{历史统计值}}) \times 100\%$$

式中 Kz ——实验区决策树分类玉米的总量精度, %。2007 年原阳县玉米种植面积统计值为 20.45 hm^2 , 地块数据支持下的玉米种植面积为 22.27 hm^2 , 总量精度为 91.1%。

6 结论与讨论

1) 采用人工数字化的方式在高分辨率影像上提取地块边界数据, 一方面能保证地块边界能与实际地块情况匹配, 有利于野外测量工作的开展, 另一方面能弥补图像自动分割技术的“过分割”所导致的地块过于破碎的问题, 客观地反映了各种土地利用类型特有的结构形状特征。

2) 参考野外调查地块及 GPS 定位点建立感兴趣区域对预分类结果进行修正, 并以野外测量获取的样本地块内玉米面积百分比为标准值对 TM 数据提取的地块内玉米面积百分比进行位置精度评价, 位置精度达到 81.8%, 用 2007 年统计数据对分类结果进行总量精度评价, 总量精度达到 91.1%, 说明借助地块信息能够提高用多时相 landsat TM 进行玉米面积遥感测量的精度。

[参 考 文 献]

- [1] Quarmby N A, Milnes M, Hindle T L, et al. The use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction[J]. International Journal of Remote Sensing, 1993, 14: 199—210.
- [2] Fulu tao, Masayuki Yokozawa, Zhao Zhang. Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: models comparisons estimates and uncertainties[J]. Ecology Modeling, 2005, 183: 385—396.
- [3] Xavier Blaes, Laurent Vanhalle, Pierre Defourny. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, (96): 352—365.
- [4] 陈沈斌. 小麦、玉米和水稻遥感估产技术试验研究文集[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 34—38.
Chen Shenbin. Research Papers Corpus of Technology Test for Wheat Maize and Rice Production Estimation with Remote Sensing[M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1993: 34—38. (in Chinese)
- [5] 国家统计局农调总队. 多目标复合抽样方法与实例[M]. 2003.
- [6] 陈沈斌. 种植业可持续发展的支持系统—农作物卫星遥感估产[J]. 地理科学进展, 1998, 17(2): 71—77.
Chen Shenbin. Support system of sustainable development for crop and plant cultivation-estimating crop production using information of satellite remote sensing[J]. Progress in Geography, 1998, 17(2): 71—77. (in Chinese with English abstract)
- [7] 韩丛丛, 逢杰武, 吴泉源, 等. TM 影像中居民地提取的决策树方法研究: 以烟台市为例[J]. 遥感信息, 2007, (6): 73—76.
Han Congcong, Peng Jiewu, Wu Quanyuan, et al. A decision tree algorithm of extracting residential information from TM images: A case study of Yantai city[J]. Remote Sensing Information, 2007, (6): 73—76. (in Chinese with English abstract)
- [8] 都金康, 黄永胜, 冯学智, 等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 214—219.
Du Jinkang, Huang Yongsheng, Feng Xuezhi, et al. Study on water bodies extraction and classification from SPOT image[J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(3): 214—219. (in Chinese with English abstract)
- [9] 竟霞, 刘良云, 张超, 等. 利用多时相 NDVI 监测京郊冬小麦种植信息[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(2): 238—242.
Jing Xia, Liu Liangyun, Zhang Chao, et al. Monitoring planting information of beijing winter wheat utilizing multi-temporal NDVI[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2005, 20(2): 238—242. (in Chinese with English abstract)
- [10] 邓劲松, 王珂, 沈掌泉, 等. 基于特征波段的 SPOT-5 卫星影像耕地信息自动提取的方法研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 145—148.
Deng Jinsong, Wang Ke, Shen Zhangquan, et al. Decision tree algorithm of automatically extracting farmland information from SPOT-5 images based on characteristic bands[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(6): 145—148. (in Chinese with English abstract)
- [11] 陈秋晓, 骆剑承, 周成虎, 等. 基于多特征的遥感影像分类方法[J]. 遥感学报, 2004, 8(3): 239—245.
Chen Qiuxiao, Luo Jiancheng, Zhou Chenghu, et al. Classification of remotely sensed imagery using multi-features based approach[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(3): 239—245. (in Chinese with English abstract)
- [12] 杨存建, 周成虎. TM 影像的居民地信息提取方法研究[J]. 遥感学报, 2000, 4(2): 146—150.
Yang Cunjian, Zhou Chenghu. Extracting residential areas on the TM imagery[J]. Journal of Remote Sensing, 2000, 4(2): 146—150. (in Chinese with English abstract)
- [13] 王红娟, 姜加虎, 黄群. 基于知识的洞庭湖湿地遥感分类方法[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(3): 370—373.
Wang Hongjuan, Jiang Jiahu, Huang Qun. On the remote sensing classification method of dongting lake wetland based on knowledge[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(3): 370—373. (in Chinese with English abstract)
- [14] 查勇, 倪绍祥, 杨山. 一种利用 TM 图像自动提取城镇用

- 地信息的有效方法[J]. 遥感学报, 2003, 7(1): 37—40.
Zha Yong, Ni Shaoxiang, Yang Shan. An effective approach to automatically extract urban land-use from TM Imagery[J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(1): 37—40. (in Chinese with English abstract)
- [15] 赵萍, 冯学智, 林广发. SPOT 卫星影像居民地信息自动提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报, 2003, 7(4): 309—316.
Zhao Ping, Feng Xuezhi, Lin Guangfa. The decision tree algorithm of automatically extracting residential information from SPOT images[J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(4): 309—316. (in Chinese with English abstract)
- [16] 尤淑撑, 刘顺喜, 李小文, 等. 基于空间约束关系的土地利用/覆被遥感分类方法研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 51—55.
You Shucheng, Liu Shunxi, Li Xiaowen, et al. Land-use/land-cover classification method under spatial constraint[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(9): 51—55. (in Chinese with English abstract)
- [17] 赵庚星, 窦益湘, 田文新, 等. 卫星遥感影像中耕地信息的自动提取方法研究[J]. 地理科学, 2001, 21(4): 224—229.
Zhao Gengxing, Dou Yixiang, Tian Wenxin, et al. Study on automatic abstraction methods of cultivated land information from satellite remote sensing images[J]. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(4): 224—229. (in Chinese with English abstract)
- [18] 赵庚星, Ge Lin. 基于TM数字图像的耕地变化检测及其驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 298—301.
Zhao Gengxing, Ge Lin. TM digital image based cultivated land change detection and driving force analysis in Kenli County of the Yellow River Delta[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 298—301. (in Chinese with English abstract)
- [19] 崔林丽, 唐娉, 赵忠明, 等. 一种基于对象和多种特征整合的分类识别方法研究[J]. 遥感学报, 2006, 10(1): 104—110.
Cui Linli, Tang Ping, Zhao Zhongming, et al. Study on object-oriented classification method by integrating various features[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(1): 104—110. (in Chinese with English abstract)
- [20] 曹凯, 江南, 吕恒, 等. 面向对象的 SPOT5 影像城区水体信息提取研究[J]. 国土资源遥感, 2007, (2): 27—30.
Cao Kai, Jiang Nan, Lu Heng. The extraction of water information in urban areas based on SPOT5 image using object-oriented method[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2007, (2): 27—30. (in Chinese with English abstract)
- [21] 马丽, 徐新刚, 贾建华, 等. 利用多时相TM影像进行作物分类方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊2): 191—195.
Ma Li, Xu Xingang, Jia Jianhua, et al. Crop classification method using multi-temporal TM images[J]. Transaction of the CASE, 2008, 24(Supp.2): 191—195. (in Chinese with English abstract)

Remote sensing measurement of corn planting area based on field-data

Ma Li^{1,2}, Gu Xiaohe^{1*}, Xu Xingang¹, Huang Wenjiang¹, Jia Jianhua²

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;

2. Department of Survey Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: Stating the cultivation area of cereal crops in administrative unit and the spatial distribution information of cereal crops are not only the basis to estimate the food production, but also the important basis to constitute the food policy and adjust the planting structures. The spatial information technology represented by RS, GIS and GPS is the key technical support to state the cultivation area of cereal crops, and it is also the important part to achieve from conventional statistics to spatial statistics step by step. In order to obtain the planting area of corn by remote sensing measurement, this study chose Yuanyang county of Henan province where was the agricultural region with complex planting structure as experimental area and established field background database by high-resolution image. After the data was pretreated, the pre-classification was carried by the normalized difference vegetation index (NDVI) and digital number (DN) according to the multi-temporal thematic mapper (TM) images, and the planting range was preliminarily obtained. Then we integrated the classification results and vector field boundary, taking the area proportion of corn in the field as the delamination symbol to establish the delamination model, then we went out to investigate the real area proportion of corn in the selected field by the combination of remoting sensing images and vehicular GPS. By the GPS points, the corn pre-classification results were corrected using decision tree. At last, we used the investigated results as standard to judge the classification results, the position precision was 81.8%, and the gross precision was 91.1%. It shows that the position precision and gross precision of multi-temporal TM images can be improved by the database of field boundary.

Key words: remote sensing, decision trees, classification, the area of corn, TM, NDVI